

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-070125  
(43)Date of publication of application : 20.04.1985

(51)Int.CI.

C21D 9/28  
// C22C 38/52  
F01D 5/02

(21)Application number : 58-176993  
(22)Date of filing : 27.09.1983

(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
(72)Inventor : EBISUTANI TAKASHI  
KAWAGUCHI KANJI  
KAWAI MITSUO  
WATANABE OSAMU

## (54) MANUFACTURE OF TURBINE ROTOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the mechanical strength, ductility and toughness by forming a steel contg. prescribed percentages of C, Si, Mn, Ni, Co, Cr, Mo and V into a rough body for a turbine rotor, quenching the rough body, and tempering it at a prescribed temp.  
**CONSTITUTION:** A steel contg., by weight, 0.15W0.3% C, ≤0.5% Si, ≤1% Mn, 0.1W1.5% Ni and/or Co, 0.5W3% Cr, 0.3W1.5% Mo and 0.1W0.3% V is manufactured by an electro-slag remelting method. An ingot of the steel is formed into a rough body for a turbine rotor by forging. The rough body is heated at 950W 1,070° C, quenched, and tempered at 600W750° C. By this method the mechanical strength, ductility and toughness at high temp. as well as room temp. are improved.

(19) 日本国特許庁 (JP) (20) 特許出願公開  
 (21) 公開特許公報 (A) 昭60-70125

(22) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	内整理番号	(23) 公開 昭和60年(1985)4月20日
C 21 D 9/28		7047-4K	
// C 22 C 38/52		7147-4K	
F 01 D 5/02		7910-3G	審査請求 未請求 発明の数 3 (全6頁)

(24) 発明の名称 ターピンロータの製造方法

(25) 特願 昭58-176993  
 (26) 出願 昭58(1983)9月27日

(27) 発明者 戎 谷 隆	川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合研究所内
(27) 発明者 川 口 寛 二	川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合研究所内
(27) 発明者 河 合 光 雄	川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合研究所内
(27) 発明者 渡 辺 修	横浜市鶴見区末広町2丁目4 東京芝浦電気株式会社京浜事業所内
(28) 出願人 株式会社東芝	川崎市幸区堀川町72番地
(29) 代理人 弁理士津国暨	

## 明細書

## 1. 発明の名称

ターピンロータの製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 炭素 0.15 ~ 0.30 重量%, ケイ素 0.5 重量% 以下、マンガン 1.0 重量% 以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が 0.1 ~ 1.5 重量%, クロム 0.5 ~ 3.0 重量%, モリブデン 0.3 ~ 1.5 重量%, バナジウム 0.1 ~ 0.30 重量%, 残部が鉄及び不可避的不純物、

から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してターピンロータ実体とし、該実体を 950 ~ 1070°C で加熱したのち焼入れし、ついで 600 ~ 750°C で焼戻しすることを特徴とするターピンロータの製造方法。

2. 炭素 0.15 ~ 0.30 重量%, ケイ素 0.5 重量% 以下、マンガン 1.0 重量% 以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が 0.1

~ 1.5 重量%, クロム 0.5 ~ 3.0 重量%, モリブデン 0.3 ~ 1.5 重量%, バナジウム 0.1 ~ 0.30 重量%, ニオブ若しくはタンタルのいずれか又は両方が 0.01 ~ 0.30 重量%, 残部が鉄及び不可避的不純物から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してターピンロータ実体とし、該実体を 950 ~ 1070°C で加熱したのち焼入れし、ついで 600 ~ 750°C で焼戻しすることを特徴とするターピンロータの製造方法。

3. 炭素 0.15 ~ 0.30 重量%, ケイ素 0.5 重量% 以下、マンガン 1.0 重量% 以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が 0.1 ~ 1.5 重量%, クロム 0.5 ~ 3.0 重量%, モリブデン 0.3 ~ 1.5 重量%, バナジウム 0.1 ~ 0.30 重量%, ニオブ若しくはタンタルのいずれか又は両方が 0.01 ~ 0.30 重量%, タンクステン 0.5 ~ 2.0 重量% 又はホウ素 0.002 ~ 0.015 重量%, 残部が鉄及び不可避的不純物

から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で鋳型された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ部材とし、該部材を950～1070°Cで加熱したのち焼入れし、ついで600～750°Cで焼戻しすることを特徴とするタービンロータの製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (発明の技術分野)

本発明はタービンロータの製造方法に関し、更に詳しくは、高温でのクリープ強度及びクリープ破断強さに優れ、経年曲がりを起すことがないとともに、脆性破壊に対する安全性、信頼性も高いタービンロータの製造方法に関する。

#### (発明の技術的背景とその問題点)

現在、タービンロータ用の材料としては、真空中でカーボン脱酸したクロム-モリブデン-バナジウム鋼(CrMoV鋼)が使用されている。この材料で製造されたタービンロータは、高圧又は中圧下での運転中に高温に曝され、特に初段付近が588°Cもの高温になることから、該ロータに經

(3)

あり、通常採用されているのは950～970°C程度の温度である。

#### (発明の目的)

本発明は、上記した点を考慮してなされたもので、高温クリープ強度が高く、経年曲がりが抑制されると同時に、延性、韌性にも優れていて脆性破壊に対する安全性、信頼性の高いタービンロータの製造方法の提供を目的とする。

#### (発明の概要)

本発明方法は、炭素(0.15～0.30重量%), ケイ素(Si) 0.5 重量%以下、マンガン(Mn) 1.0 重量%以下、ニッケル(Ni) 若しくはコバルト(Co) のいずれか又は両方か0.1～1.5重量%, クロム(Cr) 0.5～3.0重量%, モリブデン(Mo) 0.3～1.5重量%, バナジウム(V) 0.1～0.30重量%, 鋼部が鉄(Fe) 及び不可逆的不純物から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で鋳型された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ部材とし、該部材を950～1070°Cで加熱したのち焼入れし、ついで600～750°Cで焼戻しすることを特徴とするタービンロータの製造方法。

(5)

年的曲がりが生じ運転時の振動発生を招く。

この経年曲がりはCrMoV鋼の高温でのクリープ強度不足に基づくものである。したがつて、ロータの経年曲がりの発生を防止するためには、CrMoV鋼の高温でのクリープ強度を向上させることが必要である。

CrMoV鋼の高温クリープ強度を向上させる方法の1つとして、この鋼材を焼入れするときの温度を高める方法がある。この場合、従来のロータ用CrMoV鋼材は、所定組成の鋼材を高周波炉又はアーチ炉で溶解したのちこの浴槽を所定の鋳型に沈し込んでそのまま凝固せしめて製造されている。しかしながら、このような従来の方法で製造したCrMoV鋼の場合には、焼入温度を高めると、たしかにクリープ強度は向上するものの、その反面では延性、韌性が低下すると同時に切欠弱化が発生し易くなる。

そのため、従来の焼入温度は、ロータの脆性破壊に対する安全性、信頼性の観点から、クリープ強度、延性、韌性をバランスさせるような温度で

(4)

戻しすることを特徴とする。

本発明方法を適用するCrMoV鋼の鋼塊は、上記した組成を基本組成とするが、他の鋼種として、ここに更にニオブ(Nb) 若しくはタンタル(Ta) のいずれか又は両方が0.01～0.30重量%含有されているもの; また更には、Nb若しくはTaのいずれか又は両方が0.01～0.30重量%、タンゲスタン(W) 0.5～2.0重量%又はホウ素(B) 0.002～0.015重量%含有されているもの; であつてもよい。そして、この鋼塊はエレクトロスラグ再溶解処理を施して得られた鋼塊であることが必要である。

上記した鋼塊の組成において、Cは引張強さやクリープ強度を確保するために必要な元素で、0.15重量%未満では所望する特性が得られず、また0.30重量%を超えると韌性の低下を招くので、その含有量は0.15～0.30重量%とする。好ましくは0.18～0.28重量%である。

Siは脱酸剤として添加する元素であるが、過剰の添加は韌性の低下を招くので含有量の上限を0.5

(6)

重量%とする。好ましくは0.02~0.2重量%である。

MnはSiと同様に脱酸剤として機能する元素であるが、過剰の添加はクリープ強度の低下を招くので含有量の上限を1.0重量%とする。好ましくは0.3~0.8重量%である。

Ni,Crはいずれも鋼塊中のデルタフェライトの生成を抑制して均一組織のペーナイト若しくはマルテンサイトの生成に寄与する成分であるが、それぞれの成分又は两者全体の含有量が0.1重量%未満ではその効果は充分に発揮されず、また1.8重量%を超えるとクリープ強度の低下を招くので含有量を0.1~1.5重量%とする。好ましくは0.5~1.3重量%である。

Crは鋼塊の鋳入れ時に鋼入性を向上させるとともに引張強さを高めるのに必要な元素であり、含有量が0.5重量%未満ではその効果が充分発揮されず、また3.0重量%を超えると高温クリープ強度の低下を招くので、含有量を0.5~3.0重量%とする。好ましくは0.8~2.0重量%である。

(7)

中心部には粗大な炭(塩)化物が生成して延性、靭性の低下を招くので、含有量を0.01~0.3重量%とする。好ましくは0.02~0.18重量%である。

また、Wはクリープ破断強さを更に向上させる元素であり、少なくとも0.5重量%が必要であるが、しかし2.0重量%を超えて添加すると鋼塊中にフェライト相を生成してクリープ破断強さの低下を招くので、その含有量を0.5~2.0重量%とする。好ましくは0.5~1.5重量%である。

Bはクリープ破断強さの更なる向上に資する元素であるが、その含有量が0.002重量%未満では効果が充分でなく、また0.018重量%を超えると鋼塊の鍛造工程で鍛造性が著しく損われる所以、その含有量を0.002~0.018重量%とする。好ましくは0.003~0.012重量%である。

なお、上記元素の外に、更に窒素(N)を含有せしめると、Nは鋼塊中でフェライト相の生成を抑制しあつ微細に析出・分散する炭窒化物を生成してクリープ破断強さを向上せしめるので有用であ

る。Moはクリープ破断強さを高め脆災脆性を防止するためには必要な元素で、0.3重量%未満ではその効果が充分ではなく、また1.5重量%を超えると鋼塊中にフェライト相が生成してクリープ破断強さ、靭性の低下を招くので、含有量を0.3~1.5重量%とする。好ましくは0.6~1.4重量%である。

Vはクリープ破断強さの向上に必要な元素であり、0.1重量%未満の場合にはその効果が充分ではなく、また0.9重量%を超えるとMoの場合と同様にフェライト相が生成するので、含有量を0.1~0.3重量%とする。好ましくは0.15~0.28重量%である。

Nb,Taはいずれも、鋼塊の中に微細な炭窒化物を析出、分散せしめて鋼塊のクリープ破断強さを高める作用を果す元素であるが、しかし、それぞれ单独又は両者を合せた含有量が0.01重量%未満の場合には上記した効果は充分に発揮されず、また0.3重量%を超えると、後述するエレクトロスラグ再溶解処理を行なつても、得られた鋼塊の

(8)

る。このとき、Nの含有量が0.02重量%の場合には上記効果が充分発揮されず、また0.1重量%を超えると鋼塊中にピンホール、プローホールを発生するようになるので、含有量を0.02~0.1重量%とする。好ましくは0.03~0.08重量%とする。

このような組成の鋼塊は、常法の金属浴解法で容易に調製することができる。

本発明にかかる鋼塊は、常法によつて調製した上記組成の鋼材についてエレクトロスラグ再溶解して調製することを必要とする。エレクトロスラグ再溶解処理を施さないときには、得られた鋼塊は靭性が小さくなり、脆性破壊に対する安全性、信頼性の高いロータリ材料とすることはできない。また、クリープ破断強さを高めるために焼入温度を高めると、耐熱を早に鋼型中で凝固せしめた従来の鋼材の場合には空気での衝撃靭性や衝撃延性が大幅に低下してしまつてもかかわらず、エレクトロスラグ再溶解を施した鋼塊ではそのようなことがなく簡単靭性、クリープ破断延性の低下が少

さくなるのでこのエレクトロスラグ再溶解処理が必要である。

本発明方法にあつては、このようにして調製された鋼塊に所定の鍛造・成形処理を施してタービンロータの実体とする。鍛造・成形は常法が適用される。

得られた実体を、つぎに、950～1070℃の温度に加熱したのち焼入れする。

温度が950℃よりも低い場合には、鋼塊中の炭(留)化物を固溶させて均質組織と所望の機械的強度を付与することが充分行なえず、また1070℃よりも高い場合には、鋼塊中の結晶粒が粗大化して全体として韧性の低下を招く。好ましくは950～1050℃である。とくに、Nb, Taを含有する鋼塊については、そのクリープ破壊強さを向上させるために上記温度で加熱したのち焼入れしてNb, Taの炭化物を多量に固溶・再析出させることとし、モールドに封込んでインゴットとしたのち、引張試験、衝撃試験、クリープ破断試験を行なつた。得られた結果を一括して表に示す。

フアン・クールなどである。

焼入れ後、実体に600～750℃で焼戻し処理を施して本発明にかかる材料が得られる。

焼戻し温度が600℃未満の場合には、充分な焼戻しが行なわれないので所望の韌性が得られず、また750℃を超えると所望の引張強さ、耐力が得られない。好ましくは630～730℃である。焼戻しの時間は格別限定されず、通常10～70時間程度である。

このようにして得られたCrMoV鋼に所定の機械加工を施して所望形状のタービンロータを製造することができる。

#### (発明の実施例)

##### 実施例1～1.5

第1表に示した組成の鋼材をアーチ炉溶解し、その浴湯をエレクトロスラグ再溶解の消耗電極としてNb, Taの炭化物を多量に固溶・再析出させることとし、モールドに封込んでインゴットとしたのち、引張試験、衝撃試験、クリープ破断試験を行ない、得られた鋼塊を鍛造してタービンロータを製造した。ついで、実体に第1表に示す

01

02

03

示した条件の焼入れ、焼戻し処理を施したのち、機械加工を施してタービンロータモデルとした。これらモデルからそれぞれ試片を切出し、各試片につき、引張試験、衝撃試験、クリープ破断試験を行なつた。得られた結果を一括して表に示す。

鋼材の組成(元素、重量%)	製造条件										引張、衝撃試験																	
	C	Si	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	V	Nb	Ti	W	B	N	P	方法	溶解の 方法	鍛入れ 焼戻し	引張 強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張 伸び (%)	衝撃 吸収能 (2J)	衝撃 吸収能 (2J)	試験温度-600°C 引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	引張伸び (%)					
規格 #1	0.25	0.04	0.56	0.75	-	-1.16	1.24	0.25	-	-	-	-	-	-	エクソロス ラグ再溶解	溶接	5700	10.835	65.2	26.3	63.8	54	5679	43.1	69.2	1055	38.5	67.7
#2	0.24	0.07	0.71	0.82	-	-1.12	1.25	0.23	-	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.852	67.7	25.9	62.3	47	6026	42.4	65.4	1128	36.7	65.1
#3	0.20	0.07	0.68	-1.01	1.35	1.22	0.22	-	-	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.836	64.9	26.7	64.1	5.2	5536	44.8	65.3	1039	39.1	78.6
#4	0.24	0.05	0.70	0.57	-	-1.14	1.23	0.23	0.03	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.853	69.1	25.1	62.3	5.1	6759	37.2	64.5	1176	38.1	74.9
#5	0.23	0.07	0.68	0.56	-	-1.29	1.29	0.22	-0.04	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.871	69.8	24.8	60.6	5.3	6697	40.6	72.2	1469	42.7	69.5
#6	0.25	0.04	0.62	-0.93	1.12	1.26	0.25	0.03	-	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.846	67.7	26.5	66.1	4.9	5589	43.8	78.7	1288	41.7	70.4
#7	0.22	0.05	0.64	0.55	-	-1.21	1.24	0.23	0.04	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.889	72.0	24.2	59.9	4.7	8152	37.1	70.4	1576	37.6	72.8
#8	0.23	0.06	0.63	0.55	-	-1.23	1.25	0.22	0.04	-1.1	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.875	72.2	24.3	61.8	4.5	7153	34.2	65.3	1559	36.4	71.2
#9	0.25	0.07	0.60	0.53	-	-1.22	1.20	0.25	-0.03	0.8	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.884	70.4	24.5	59.3	4.8	8162	38.8	69.9	1791	39.7	72.8
#10	0.16	0.24	0.67	0.72	-	-0.95	1.16	1.24	0.24	0.04	-1.0	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.872	68.1	25.2	63.9	4.1	7651	40.5	74.1	1519	38.1	68.3
#11	0.25	0.09	0.66	0.57	-	-1.27	1.27	0.22	0.04	-1.1	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.876	70.8	23.9	57.5	4.3	8713	33.7	71.4	1913	35.5	70.1
#12	0.25	0.07	0.66	0.54	-	-1.25	1.25	0.23	0.03	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.881	72.8	23.5	60.1	4.1	8718	32.1	61.3	1913	34.2	70.2
#13	0.22	0.09	0.72	0.56	-	-1.10	1.24	0.22	-0.04	-0.05	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.869	73.1	23.1	58.7	4.4	8512	36.9	67.6	2183	33.9	71.4
#14	0.25	0.05	0.64	-0.97	1.18	1.22	0.24	0.04	-	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.883	70.4	24.3	61.2	3.9	8435	38.2	71.4	1977	37.3	65.8
#15	0.22	0.05	0.61	0.52	-	-1.20	1.27	0.26	0.03	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.885	71.6	23.0	58.3	4.2	924	31.7	69.5	2236	34.1	68.2
															アーチ 溶接	アーチ 溶接	5700	10.861	66.4	19.8	54.4	1.7	260	41.4	64.8	512	37.9	75.3
						-1.23	1.25	0.24	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.865	69.2	11.4	35.9	0.8	5435	31.1	98.9	10.3	30.7		
						-1.17	1.23	0.25	-	-	-	-	-	溶接	溶接	5700	10.813	65.4	29.2	65.8	6.8	240	44.3	65.2	569	33.9	78.4	

## 〔発明の効果〕

図に示した結果からも明らかかなように、本発明方法で製造したCrMoV鋼は、比較例の材料に比べて引張強さが優れるとともに伸び、絞りも大きく、また衝撃韧性が著しく大である。また、クリープ破断強さも、従来のロータ材である比較例1に比べるとクリープ破断伸び、絞りは同様以上であり、クリープ破断強さも大きい。

したがつて、本発明方法は、室温及び高温での機械的強度に優れるとともに延性、韌性も向上し、たCrMoV鋼を提供することができ、タービンロータ材の製造方法としてその工業的価値は大である。